



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 17 924 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 01 J 2/18**  
B 29 B 9/10  
B 29 B 9/16

BF

DE 196 17 924 A 1

⑳ Aktenzeichen: 196 17 924.6  
㉑ Anmeldetag: 5. 5. 96  
㉒ Offenlegungstag: 13. 11. 97

⑦① Anmelder:  
BRACE GmbH Chemie-Plastics-Data  
Systems-Esthétiques, 63755 Alzenau, DE

⑦② Erfinder:  
Brandau, Thorsten, 60385 Frankfurt, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Schwingungsanregung von flüssigen Medien bei der Herstellung von sphärischen Granulaten

⑤⑦ Verfahren, welches zur Schwingungsanregung der Precursorflüssigkeiten bei der Herstellung von sphärischen Granulaten dient. Unmittelbar vor den Düsen oder zumindest in kurzer Entfernung der Düsenvorrichtung wird der zu den Düsen hinfließender Flüssigkeitsstrom direkt in Schwingungen versetzt. Die Ausbildung der Tropfen wird durch die direkte Schwingungsanregung auf die zu vertropfende Flüssigkeit bewirkt. Die die Flüssigkeit umhüllenden Behältnisse, Rohrleitungen und Düsen bleiben dabei in Ruhe. Die direkte Einbringung der Schwingung geschieht durch mechanische Schwingungsübertragung eines in Schwingung versetzten elastischen Körpers, der als Rohrzwischenstück in der Zuführleitung zu der Düse oder den Düsen angeordnet ist, der als elastische Membran in die Düsenanordnung oder in die Zuführleitung kurz vor der Düsenanordnung eingebaut ist, der als elastisch verformbarer Hohlkörper bzw. Tauchkolben in die Düsenanordnung eingeführt ist, durch Einbringung eines Piezokristalls oder einer Ultraschallsonde in die Düsenanordnung oder in die Zuführleitung kurz vor der Düsenanordnung. Die Anordnung der schwingungsübertragenden Vorrichtung kann je nach zu vertropfenden flüssigem Material horizontal, vertikal oder schräg angeordnet sein.

DE 196 17 924 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 97 702 046/148

7/24

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren, welches zur Schwingungsanregung der Precursorflüssigkeiten bei der Herstellung von sphärischen Granulaten dient. Die Schwingungsanregung führt zur Ausbildung von Tropfen der aus einer oder mehreren Düsen oder koaxialen Düsen abgegebenen flüssigen Materialien.

Unmittelbar vor den Düsen oder zumindest in kurzer Entfernung der Düsenvorrichtung wird der zu den Düsen hinfließender Flüssigkeitsstrom direkt in Schwingungen versetzt.

Die Ausbildung der Tropfen wird durch die direkte Schwingungsanregung auf die zu vertropfende Flüssigkeit bewirkt. Die die Flüssigkeit umhüllenden Behälter, Rohrleitungen und Düsen bleiben dabei in Ruhe.

Die direkte Einbringung der Schwingung geschieht in verschiedener Weise:

- durch mechanische Schwingungsübertragung eines in Schwingung versetzten elastischen Körpers, der als Rohrzwischenstück in der Zuführleitung zu der Düse oder den Düsen angeordnet ist, der als elastische Membran in die Düsenanordnung oder in die Zuführleitung kurz vor der Düsenanordnung eingebaut ist, der als elastisch verformbarer Hohlkörper bzw. Tauchkolben in die Düsenanordnung eingeführt ist,
- durch Einbringung eines Piezokristalls oder einer Ultraschallsonde in die Düsenanordnung oder in die Zuführleitung kurz vor der Düsenanordnung.

Die Anordnung der schwingungsübertragenden Vorrichtung kann je nach zu vertropfenden flüssigem Material horizontal, vertikal oder schräg angeordnet sein.

Die ausgebildeten Tropfen fallen in einen luftdurchströmten, gasgefüllten oder gasdurchströmten Raum von oben nach unten. Die Tropfen können auch seitlich oder von unten in ein flüssiges Medium, welches eine kleinere Dichte als die zu vertropfende Flüssigkeit aufweist, mit leichtem Überdruck, der mindestens gleich oder größer als der statische Druck der Flüssigkeitssäule ist, eingetropft werden.

Die ausgebildeten Tropfen werden in dem luft- oder gasdurchströmten Raum durch Kühlung oder durch Verdampfung eines in den Tropfen enthaltenden Lösungsmittels verfestigt. Eine weitere Verfestigung in dem gasdurchströmten Raum ist durch chemische Reaktion des Gases mit den Tropfen erzielbar. Ist der Raum in dem die ausgebildeten Tropfen hindurchfallen mit einer Flüssigkeit gefüllt oder durchströmt, so werden die Tropfen durch chemische Reaktion oder auch durch Abkühlung in dieser Flüssigkeit gehärtet.

Verfahren zur Herstellung von sphärischen Granulaten unter Verwendung von Schwingungsanregungen sind hinreichend bekannt.

In DE 43 38 212 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung beschrieben mit der sphärische Granulate herstellbar sind. Dabei wird die Düsenanordnung selbst in Schwingungen versetzt, um die Ausbildung von gleichmäßigen Tropfen zu bewirken. Die Düsenanordnungen sind bei Anordnungen, die eine Vielzahl von Düsenbohrungen aufweisen, großvolumig und mit hoher Masse behaftet. Die Schwingungsanregung muß daher mit hoher Schwingungsleistung, z. B. mit großen schweren elektromagnetischen Schwingern, eingebracht werden.

Nach DE 30 35 331 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der der Düsenkopf zylindrisch geformt ist und in diesen

ein fest mit einem Vibrator verbundener Stößel hineinragt.

Der Stößel wird auf einer ringförmigen Führungsfläche, die mit einem O-Ring abgedichtet ist, auf und ab bewegt. Diese Schwingungsbewegung versetzt dann die dem Düsenkopf zugeführte Flüssigkeit in Schwingungen, welche dann die Tropfenausbildung bewirkt.

Diese Vorrichtung führt zu einer hohen Beanspruchung des O-Rings insbesondere dann wenn die zu vertropfende Flüssigkeit hohe Temperaturen aufweist wie dies bei Schmelzen von Metallen, Metalloten oder hochschmelzenden Salzen, organischen Verbindungen und Kunststoffen der Fall sein kann. Diese Temperaturen liegen dann oft höher als die maximale Beständigkeitstemperatur eines O-Rings z. B. bei Metalloten mit Schmelzpunkten von 400°C. Neben der Temperaturempfindlichkeit führt die hin und hergehende Abrollbewegung des O-Rings zu einem schnellen Verschleiß.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Vorrichtung zu den eingangs genannten Arten so weiter zu bilden, daß die Schwingungsanregung kurz vor dem Eintritt in die Düsenöffnungen direkt auf die zu vertropfende Flüssigkeit einwirkt und diese in gleichmäßige Schwingungen versetzt, um eine gleichmäßige Teilchenform und -größe sowie hohe Durchsätze ermöglichen, ohne daß verschleißanfällige Komponenten sowie leistungsstarke Schwingungserreger von hohem Gewicht verwendet werden müssen.

Dieses Problem wird gemäß der Erfindung verfahrensmäßig dadurch gelöst, daß kurz vor dem Eintritt der zu vertropfenden Flüssigkeit ein elastisches temperaturbeständiges Element in die Düsenanordnung oder die Zuführleitung eingesetzt wird auf welches eine Schwingung direkt oder auch pneumatisch indirekt über ein Luft- oder Gaspolster einwirkt. Das so in Schwingungen versetzte elastische Element überträgt diese Schwingung direkt auf die zu vertropfende Flüssigkeit und bewirkt die Ausbildung von gleichmäßigen und gleichgroßen Tropfen.

Das elastische Element kann aus einem elastisch verformbar Tauchkolben bestehen, dessen Seitenwände von dem am Boden des Tauchkolbens mit einer festen Verbindung angebrachten Vibrators hin und her gedehnt werden. Der Tauchkolben kann auch von einem pneumatischen Schwingelement hin und her gedehnt oder rhythmisch aufgeblasen werden. Die Vorrichtung zur Schwingungsanregung kann auch in Form eines zur Flüssigkeit hin verschlossenen Rohres, dessen Seitenwände gewellt und elastisch verformbar sind, ausgebildet werden. Wird dieser Zylinder mit faltenartig ausgebildeten Seitenwänden zum Beispiel am Boden mit einem Stößel, der fest an einem elektromagnetischen Schwinger angeschlossen ist in Bewegung versetzt, so bewirkt dieser Atmungs Vorgang eine Schwingung in der zu vertropfende Flüssigkeit.

Von einem Schwingungserreger ist bei dieser vorgenannten Anordnung nur das elastische Element und das kleine Volumen an zu vertropfender Flüssigkeit, welches sich in diesem Teil der Düsenanordnung gerade befindet, in Schwingungen zu versetzen. Die große mit hoher Masse behaftete Düsenanordnung mit Vielfachdüsenplatte verbleibt in Ruhe.

Hierdurch ist es möglich mit einem Schwingungserreger mit z. B. einem Sinus-Kraftvektor von 17,8N eine Düsenanordnung mit bis zu 300 Einzeldüsen zu betreiben statt mit einem Sinus-Kraftvektor von 310N bei einer Schwingungsanregung der gesamten Düsenanordnung.

Eine zweite Art der Ausführung des elastischen in der Düsenanordnung oder in der Zuführung angebrachten Elementes kann aus einer eingesetzten elastischen Membran bestehen, die von außen von einem Schwingungsanreger direkt in Schwingungen versetzt wird.

Die Zuführungsleitung für die zu vertropfenden Flüssigkeit kann in einer weiteren Ausführung mit einem elastischen Rohrstück versehen sein, welches die Schwingung direkt auf die durchströmende Flüssigkeit überträgt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung ist auch dadurch gegeben, daß piezoelektrische Umformer oder elektroakustische Wandler im hörbaren oder Ultraschallbereich fest in der Düsenanordnung oder der Zuführungsleitung eingebaut sind und somit die Schwingungsanregung direkt in die zu vertropfende Flüssigkeit einbringen.

Die nachfolgenden Ausführungsbeispiele ergeben weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung, die — jeweils für sich oder in Kombination — als erfinderisch anzusehen sind.

#### Ausführungsbeispiel 1

Eine Düsenanordnung wird mit einem zylindrischen, elastischem Tauchkolben, wie in Fig. 1 dargestellt, versehen. Die seitlichen Wände (7) des Tauchkolbens sind aus elastischem Kunststoffmaterial ausgebildet, der Boden (6) ist fest mit dem Stößel (9) eines Schwingungsanregers (8) verbunden. Die seitlichen Wände (7) werden durch die Schwingung des Stößels (9) hin und her bewegt und übertragen die Schwingung auf das Flüssigkeitsvolumen (5) in der Düsenanordnung. Die oszillierende Flüssigkeit tritt durch die mit Düsenöffnungen (3) versehene Düsenplatte (3) und erzeugt die gleichförmigen Tropfen (4).

#### Ausführungsbeispiel 2

Eine Anordnung wie in Beispiel 1 wobei der Tauchkolben aus einem wellenförmigen und metallischem Element besteht, der bis 800° C temperaturbeständig ist.

#### Ausführungsbeispiel 3

Die Düsenanordnung (Fig. 2) ist mit einer elastischen Kunststoffmembran (6) versehen, welche fest mit dem Stößel (7) des Schwingers (8) verbunden ist. Durch die Oszillation der Membran wird die Flüssigkeit, die bei (1) in die Düsenanordnung eintritt, in Schwingungen versetzt (5) und kann zur Tropfenausbildung (4) durch die Düsenöffnung (2) der Düsenplatte (3) treten.

#### Ausführungsbeispiel 4

Die Schwingungsanregung wird wie bei Beispiel 3 ausgeführt, jedoch besteht die elastische Membran aus einer gewelltem Metallmembran, die temperaturstabil bis 1000° C ist.

#### Ausführungsbeispiel 5

In die Zuführungsleitung (1) (Fig. 3) zur Düsenanordnung ist ein elastisches Rohrstück (2) aus hochtemperaturstabilem Kunststoff eingebaut, welches von außen mit einem pneumatischen Schwingungsanreger (3) in Schwingungen versetzt wird. Die in Schwingung versetzte Flüssigkeit (4) tritt aus den Düsenöffnungen (5)

der Düsenplatte (6) aus und bildet die gewünschten Tropfen (7).

#### Ausführungsbeispiel 6

Ein elastisches Halbrohrstück wird analog wie bei Beispiel 5 in die Zuführungsleitung eingebaut und mit einem fest verbundenen Schwingungsanreger in Schwingungen versetzt.

#### Ausführungsbeispiel 7

Wie Beispiel 1, 3, 5 und 6 wobei das elastische Rohrelement aus einem kohlenstoffaserverstärkten Elastomerkunststoff besteht.

#### Ausführungsbeispiel 8

Wie Beispiel 1, 3 und 5 wobei eine Ultraschallsonde direkt an die Düsenanordnung statt über elastische Elemente zur direkten Schwingungsanregung Verwendung findet.

#### Ausführungsbeispiel 9

Wie Beispiel 8 wobei ein piezoelektrischer Umformer als direkter Schwingungsanreger eingesetzt wird.

#### Ausführungsbeispiel 10

Die Schwingungsanregung bei einer Düsenanordnung mit koaxialen Doppeldüsen (Fig. 4) kann durch die Anregung von getrennten elastischen Elementen (1, 2) durchgeführt werden, wobei diese koaxial angeordnet sind und das innere elastische Element (2) wie bei den Beispielen 1 und 2 ausgeführt ist. Das äußere elastische Element (1) ist ringförmig ausgebildet. Die Schwingungsanregung geschieht durch einen Schwingungsanreger (7), um die exakt gleiche rotationssymmetrische Schwingung in den Flüssigkeitsstrahlen bzw. -tropfen zu erzeugen. Die oszillierende innere Flüssigkeit (3), die bei (9) in die Düsenanordnung eintritt, bildet durch die innere Düse (5) den inneren Teil des sphärischen Granulates. Die oszillierende äußere Flüssigkeit (4) tritt bei (8) in die Düsenanordnung ein, um bei (6) durch den äußeren Ringspalt den koaxialen Tropfen zu bilden. Die Düsenanordnung (Fig. 4) ist als Doppelkammersystem ausgebildet und zeigt in Fig. 4 nur zwei Doppeldüsen, um das Prinzip zu verdeutlichen.

#### Ausführungsbeispiel 11

Für eine Düsenanordnung mit koaxialen Doppeldüsen wurde für die Schwingungsanregung eine analoge Anordnung wie in Fig. 2 und 3 gezeigt verwendet. Die beiden Düsenkammern sind dann mit getrennten elastischen Elementen (Membranen, Rohrstücken, bzw. Rohrteilstücken) versehen, die von einem Schwingungsanreger versorgt werden.

#### Ausführungsbeispiel 12

Die in Fig. 3 gezeigte Anordnung eignet sich wegen der durch die Schwingung des elastischen Rohrstückes erzeugten Pumpwirkung für eine seitliche Düsenanordnung (Fig. 5) zum Hineintropfen in eine zweite Flüssigkeit (8), in der die aus den Düsen (5) austretenden Tropfen für den Fall, daß die zweite Flüssigkeit eine geringe-

re Dichte als das Tropfenmaterial besitzt, gravitationsbedingt nach unten fallen (6). Bei zu vertropfenden Materialien, deren Dichte kleiner als die der zweiten Flüssigkeit ist, steigen die Tropfen nach oben (7). Um die Pumpwirkung zu erzeugen, ist das elastische Rohrstück zu einer gerichteten Wellenform ausgebildet. Die in die Düsenanordnung eintretende zu vertropfende Flüssigkeit (2) wird mit einem gleich großen oder leicht höheren Druck als der durch die Flüssigkeitssäule der zweiten Flüssigkeit (8) hervorgerufenen hydrostatischen Druck beaufschlagt. Dieser Druck wird durch die Pumpwirkung des wellenförmigen, elastischen Elementes bei Schwingungsanregung (3) leicht erhöht, so daß die in Schwingungen versetzte Flüssigkeit (4) mit leichtem Überdruck in die Zone mit der zweiten Flüssigkeit (8) eingesprüht wird.

#### Ausführungsbeispiel 13

Die Anordnung wurde wie bei Beispiel 12 gewählt, wobei die Düsenanordnung unten an der Flüssigkeitssäule angebracht ist und die zweite Flüssigkeit eine höhere Dichte als die zu vertropfende Flüssigkeit hat.

#### Patentansprüche

1. Verfahren und Vorrichtung zur Schwingungsanregung von flüssigen Medien bei der Herstellung von sphärischen Granulaten durch Einwirkung von gleichmäßigen Schwingungen auf die zu Tropfen zu verformende Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingung über ein elastisches Element oder auch direkt mit dem Schwingungserregerelement auf die Flüssigkeit kurz vor dem Austritt aus der oder den Düsen eines Düsen systems übertragen werden und daß nur der kleine Teil kurz vor dem Düsenaustritt der zu vertropfenden Flüssigkeit in Schwingung versetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Schwingungsübertragung eine elastische Membran aus Kunststoff, faserverstärktem Kunststoff oder einer Metallegierung in glatter oder gewellter Form fest in die Düsenanordnung eingebaut ist und über eine feste Verbindung mit dem Schwingungserreger verbunden ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran nicht fest mit einem Schwingungserreger verbunden ist, sondern über ein Luft- oder Gaspolster von einem Schwingungserreger in Schwingungen versetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein elastischer Hohlkörper oder auch Tauchkolben aus Kunststoff, faserverstärktem Kunststoff oder einer Metallegierung in glatter oder gewellter Form fest in die Düsenanordnung eingebaut und mit dem Schwingungserreger fest verbunden ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der elastische Hohlkörper oder Tauchkolben nicht fest mit einem Schwingungserreger verbunden ist, sondern über ein Luft- oder Gaspolster von einem Schwingungserreger in Schwingungen versetzt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in die Zuführungsleitung der zu vertropfenden Flüssigkeit ein elastisches Rohrstück oder Teilrohrstück eingebaut ist, welches aus Kunststoffe faserverstärktem Kunststoff oder einer

Metallegierung in glatter oder gewellter Form besteht und dieses mit einem Schwingungserreger fest verbunden ist oder über ein Luft- oder Gaspolster zur Schwingung angeregt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer coaxialen Doppeldüsenanordnung die Schwingungsanregung über coaxial angeordnete Hohlkörper, welche aus Kunststoff faserverstärktem Kunststoff oder einer Metallegierung in glatter oder gewellter Form bestehen und fest mit einem Schwingungserreger verbunden sind oder über ein Luft- oder Gaspolster an einen Schwingungserreger gekoppelt sind, synchron für beide zu vertropfende Flüssigkeiten erzeugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein piezoelektrischer Umformer oder ein elektroakustischer Umwandler im hörbaren oder Ultraschallbereich direkt ohne Zwischenschaltung eines elastischen Elementes in die Düsenanordnung oder die Zuführungsleitung eingebaut ist und so die Schwingungsanregung der zu vertropfenden Flüssigkeit bewirkt.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenanordnung mit dem elastischen Element zur Schwingungseinbringung seitlich oder am Boden einer Flüssigkeitssäule, die den Granulathärtungsvorgang durch Abkühlung oder chemische Reaktion bewirkt, angeordnet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck der zu vertropfenden Flüssigkeit gleich oder größer ist wie der durch die Flüssigkeitssäule in die hinein vertropft wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Schwingungsanregung des in gerichteter Wellenform ausgebildeten elastischen Elementes eine gerichtete Pumpwirkung erzeugt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

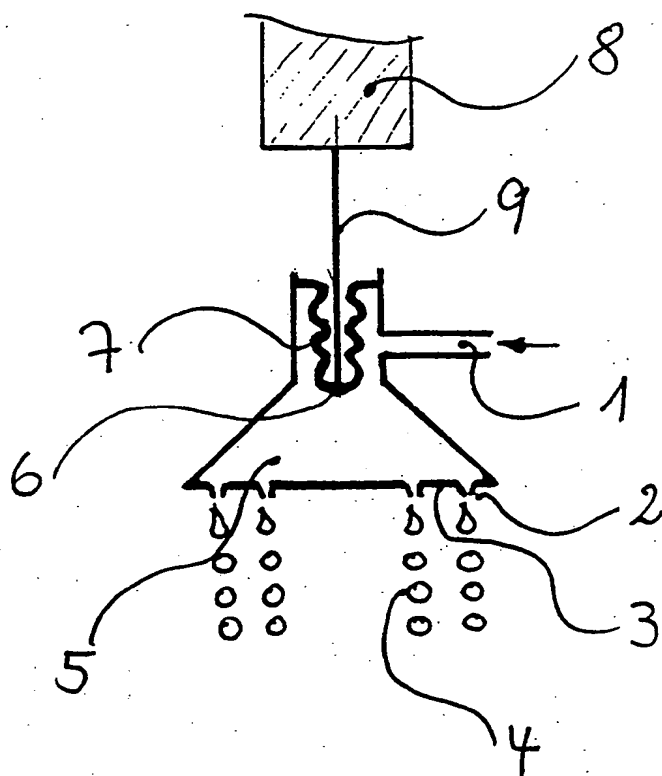


Fig. 2

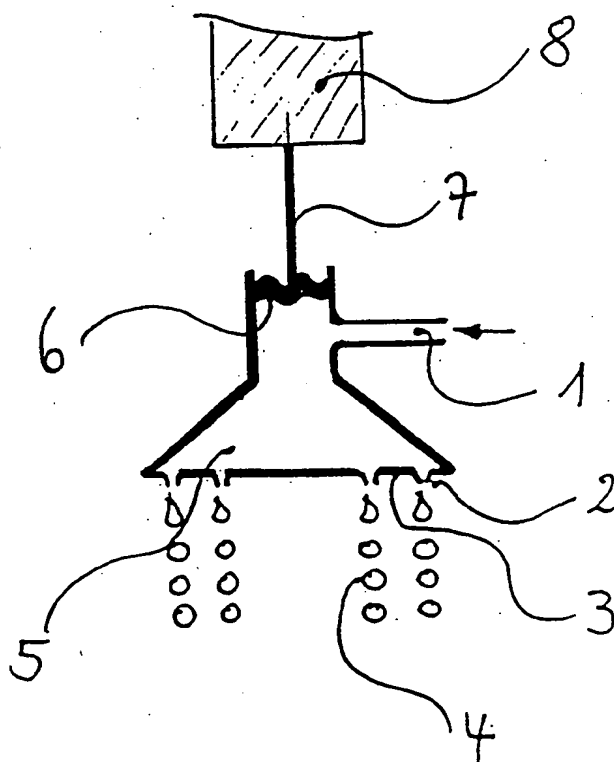


Fig. 3

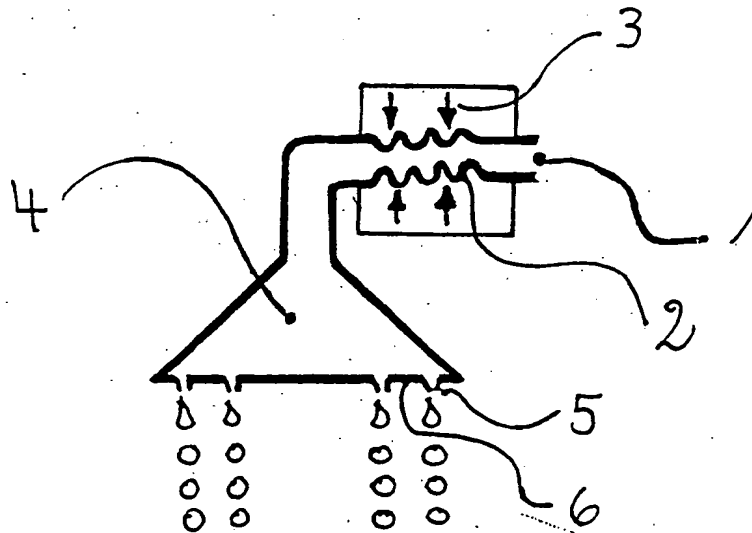


Fig. 4

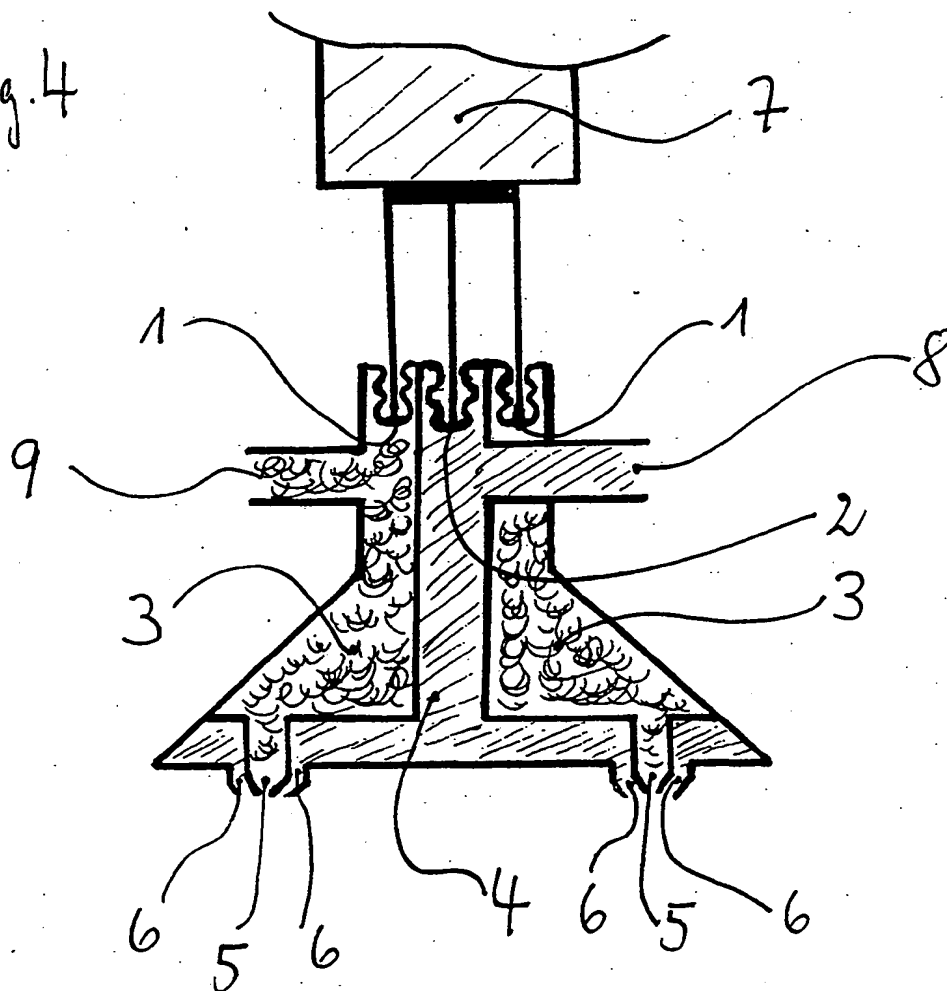


Fig. 5

